PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 6. 10. November 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
S. Arrhenius, Über die Ursache der Nordlichter. S. 81.
E. Villari, Bemerkungen zu einer Arbeit von F. Kurlbaum über das Emissionsvermögen. S. 87.
Referate über die Berichte des Internationalen Physikerkongresses zu Paris:
J. S. Ames, Das mechanische Wärmeäquivalent. S. 87.
H. A. Lorentz, Über die Theorie der neuentdeckten magnetooptischen Erscheinungen. S. 88.
Vorträge und Diskussionen von der 72. Naturforscherversammlung zu Aachen:
A. Sommerfeld, Die Beugung der Röntgenstrahlen unter der Annahme von Aetherstössen. S. 88.
F. Klein, Über die Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, mit besonderer Rücksicht auf Band IV derselben (Mechanik). S. 90.
Besprechungen:
J. J. van Laar, J. D. van der Waals. S. 96.
Personalien. S. 96.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Ursache der Nordlichter.

Von Svante Arrhenius[1])

Als Newton im Jahre 1686 seine Philosophiae naturalis principia mathematica veröffentlichte, brachten ihm seine Zeitgenossen, wie später die Nachwelt, die vollste Anerkennung wegen der Genauigkeit, mit welcher sein Gravitationssystem die Bewegungen aller Himmelskörper zu beschreiben gestattete.

Die ganze materielle Welt ist nach Newton von einer ihr innewohnenden Eigenschaft durchdrungen, wonach die kleinsten Molekeln wie die grössten Himmelskörper gegeneinander getrieben werden durch eine Kraft, die der zweiten Potenz der Entfernung umgekehrt proportional ist. Diese Eigenschaft wurde und wird noch als die wesentlichste der Materie angesehen, so dass sie zur Messung der Menge von Stoff angewandt wird, indem diese Menge sich der Anziehungskraft proportional erweist.

Eine Abstossung zwischen materiellen Teilen scheint undenkbar; man kann sich ja auch unmöglicherweise einen negativen Stoff vorstellen. Später fand man in den elektrischen und magnetischen Erscheinungen viele Beispiele von Abstossungen. Diese Abstossungskräfte gehörten eigentlich nicht der Materie an; sobald die elektrischen Ladungen oder Ströme bezw. die Magnetisierung von den betreffenden Körpern entfernt wurden, verschwand auch die Abstossung. Dadurch wurde man veranlasst, sobald man Abstossungen zwischen materiellen Teilen wahrnahm, elektrische oder magnetische Eigenschaften bei denselben anzunehmen.

Durch viele Umstände werden nun die Astrophysiker zu der Annahme geführt, dass die Sonne nicht nur zufolge ihrer Masse der Sitz enormer anziehender Kräfte ist, sondern auch unter Umständen abstossend auf benachbarte Körper wirken kann. Am auffallendsten zeigt sich diese Erscheinung bei den Kometenschweifen, für welche Olbers fand, dass dieselben mit einer Kraft, die umgekehrt dem Quadrate der Entfernung von der Sonne proportional ist, von diesem Himmelskörper abgestossen werden. Zum Verständnis dieser Erscheinung nimmt man allgemein starke elektrische Ladungen der Sonne und der Kometen an. Andere Erscheinungen, bei welchen abstossende elektrische oder magnetische Kräfte der Sonne als wirksam angenommen sind, fanden sich in der Form der Sonnencorona, in dem Zodiakallicht u. s. w.

Man hat aber nicht immer diese Anschauungsweise benutzt. Die älteste Erklärung der abstossenden Kraft der Sonne, welche sich bei Bildung der Kometenschweife bemerkbar macht, rührt von Kepler her.[1]) Kepler gründete seine Ansicht auf die damals herrschende Emissionstheorie des Lichtes, wonach kleine Lichtkörperchen mit ungeheurer Geschwindigkeit aus der Sonne (und anderen Lichtquellen) hinausgeschleudert werden. Stossen nun diese Lichtkörperchen gegen leichtbewegliche Teile in der Atmosphäre eines Kometen, so geben sie ihnen einen Teil ihrer Bewegung ab, und zwar wird eine Komponente der mitgeteilten Bewegung radiell von der Sonne weg gerichtet sein. Infolgedessen sollten die Kometenschweife ihre charakteristische Richtung von der Sonne weg erhalten.

Die Stellung der vornehmsten jetzigen astronomischen Forscher zu dieser Hypothese kann

1) Aus Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar **1900**, 545. Stockholm. (Mitgeteilt am 9. Mai 1900 durch R. Rubenson.)

1) Kepler: Principia mathematica **I**, III, Prop. 41. Citat nach De Mairan, Traité physique et historique de l'Aurore boréale, 356, 2e éd. Paris 1754.

durch folgende Worte von Newcomb gekennzeichnet werden: „Wäre das Licht ein Ausfluss stofflicher Partikelchen, wie Newton vermutete, so könnte man dieser Ansicht einige Glaubwürdigkeit nicht absprechen. Allein nach allem, was wir wissen, entsteht das Licht durch Schwingungen eines Äthermediums, und man kann sich nicht vorstellen, wie diese eine forttreibende Kraft auf die Materie ausüben sollten.“[1]) Dass dieser letzte Ausspruch seit der Veröffentlichung der elektromagnetischen Lichttheorie von Maxwell im Jahre 1873 absolut hinfällig wurde, scheint bisher den Astronomen und Astrophysikern entgangen zu sein.[2]) Dies ist wiederum eine von den vielen ausserordentlich sonderbaren Erscheinungen, welchen man auf diesem Gebiete bei jedem Schritte begegnet.

Eine andere solche Eigentümlichkeit ist auch die Stellung Newtons zu dieser Frage.

Zur gleichen Zeit als er seine Erklärung der Schwere ausarbeitete, zog er die von früheren Zeiten übernommene Emissionstheorie zur Erklärung der Lichterscheinungen herbei. Es wäre daher wohl natürlich gewesen, dass er die Ansichten Keplers geteilt hätte. Newton aber wollte keine solche Wirkung der Lichtkörperchen einführen, sondern verwarf die von Kepler gegebene Erklärung der Form der Kometenschweife. Er nahm statt dessen an, dass dieselben sich in entgegengesetzter Richtung der Schwerewirkung von der Sonne her bewegen. Sie sollten sich so verhalten, wie die heisse Luft und der Rauch, welche aus einem Schlot hinaufsteigen, weil sie von einem dichteren Medium umgeben seien.

Eine Ansicht, welche stark an die Newtonsche erinnert, ist in jüngster Zeit von Herrn J. Rydberg ausgesprochen worden.[3]) Es möge auch hier genügen, die Ansicht der Astronomen über diesen Punkt, wie sie durch Newcomb formuliert ist, wiederzugeben. „Ein Medium oder Stoff, welcher einen solchen Prozess (wie den Auftrieb der Kometenschweife) zulässt, existiert indes im Planetenraume, soweit wir wissen, nicht, und Newtons Hypothese kann daher auch kaum mehr ernstlich in Betracht kommen.“[4]) Kometen sind, wie diejenigen von 1843 und von 1882, so nahe der Sonnenoberfläche vorbeigegangen (in der Entfernung von etwa 0.3—0.6 Sonnenradien), dass sie inmitten der Corona einen beträchtlichen Weg durchlaufen haben. Und doch zeigten sie keine sichtbare Störung in ihrer Bahn, was sicherlich der Fall gewesen wäre, wenn eine Atmosphäre von auch nur einem Millionstel Millimeter Druck sich in dem durchlaufenen Raume befunden hätte.

Die Ansichten von Kepler und von Newton wurden im allgemeinen bald verlassen. Sehr eigentümlich erscheint es dabei, dass der einzige bedeutende Gegner der Emissionshypothese, im 18. Jahrhundert, Leonhard Euler,[1]) die Ansicht aufrecht erhielt, dass Lichtwellen, die von ihm als longitudinale Schwingungen im Lichtäther angesehen wurden, einen Druck gegen die beleuchteten Körper ausüben. Er vermochte wohl nicht diese Ansicht, welche von De Mairan[2]) scharf kritisiert wurde, in befriedigender Weise zu motivieren, und so wurde dieselbe verlassen. Dass trotzdem Euler Recht hatte, geht aus dem Umstande hervor, dass die jetzt herrschende Maxwellsche Theorie der elektromagnetischen Natur der Lichtschwingungen zu dem Schluss führt, dass die Lichtwellen einen Druck auf einen Körper ausüben, gegen den sie fallen. Und diese Folgerung wird durch die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf die Strahlungserscheinungen unterstützt. Es kann deshalb kein Zweifel obwalten, dass diese Forderung der Theorie zutrifft, obgleich sie wegen ihrer Geringfügigkeit noch nicht experimentell nachgewiesen wurde.[3]) Die Maxwellsche Theorie hat den grossen Vorzug, dass man die Grösse des fraglichen Druckes streng quantitativ berechnen kann, wenn man die Stärke der Strahlung kennt, wie dies z. B. für die Sonnenstrahlung der Fall ist.

Die genannte Theorie verlangt, dass „in einem Medium, in welchem eine (elektromagnetische oder Licht-) Welle sich fortpflanzt, in Richtung der Fortpflanzung ein Druck wirkt, der an jeder Stelle numerisch ebenso gross ist, wie die daselbst vorhandene auf die Volumeinheit bezogene, ganze Energie“.[4]) Die s. g. Sonnenkonstante d. h. die Energiemenge, welche auf ein Quadratcentimeter einer gegen die Sonnenstrahlung in der Erdentfernung von der Sonne senkrecht stehenden Oberfläche in der Minute fällt, hat

---

1) Newcomb, Populäre Astronomie, deutsch von Rud. Engelmann, Leipzig 445, 1881.

2) Ein Versuch von Lebedejew, die Maxwellsche Lichttheorie der Kometentheorie von Bredichin anzupassen, scheint unbeachtet geblieben zu sein. (Wied. Ann. **45**, 292, 1892.) Der Umstand, dass er die Kometenschweife (mit Bredichin) als gasförmig annimmt, hat vielleicht die Annahme seiner Ansicht verhindert, denn gasförmige Körper besitzen in sehr dünner Schicht, wie bei den Kometenschweifen, keine nennenswerte, weder reflektierende noch absorbierende Fähigkeit.

3) J. R. Rydberg, Grundzüge einer Kometentheorie. Schriften der physiogr. Ges. zu Lund 1898.

4) Newcomb, l. c., 445.

1) Euler: Mémoires de l'Académie de Berlin 1746, Vol. **2**, 121 und 135 u. ff.

2) De Mairan, l. c., 308, 341, 367 u. ff.

3) In einer Mitteilung zum Physikerkongress in Paris (August 1900) soll Herr Lebedejew die Richtigkeit dieser Forderung der Maxwellschen Theorie experimentell nachgewiesen haben. Er soll auch dabei einige Schlüsse betreffs der Natur der Kometenschweife gezogen haben, welche eine gewisse Ähnlichkeit mit den unten auseinandergesetzten darbieten.

4) Maxwell, A treatise of electricity and magnetism, Art. 792, 1873. Das Citat ist nach der deutschen Übersetzung von Weinstein, Berlin 1883.

einen Wert, der wahrscheinlich 2.5 cal beträgt. Folglich ist die Energiemenge pro sec $2.5 : 60 = 0.0417$ cal sec^{-1} $cm^{-2} = 42600 \cdot 0.0417 = 1775$ g cm sec^{-1} cm^{-2}. Da nun weiter die Sonnenstrahlung sich mit einer Geschwindigkeit von 3.10^{10} cm sec^{-1} fortpflanzt, so ist die Menge Sonnenenergie in einem Kubikcentimeter $1775 : 3 \cdot 10^{10} = 592 \cdot 10^{-10}$ g cm^{-2} „Da dieser Druck nur auf der von der Sonne beleuchteten Seite des Körpers vorhanden ist, so würde dieser scheinbar von den Sonnenstrahlen in Richtung ihrer Fortpflanzung fortgestossen werden. Konzentriertes elektrisches Licht wird wahrscheinlich einen noch stärkeren Druck ausüben, und es ist nicht unmöglich, dass die Strahlen eines solchen Lichtes, wenn sie auf ein dünnes metallisches Plättchen, das in einem Vakuum aufgehängt ist, fallen, an diesem einen beobachtbaren mechanischen Effekt hervorbringen werden".[1])

Wenn nun aber diese Abstossung durch Sonnenstrahlung in der Nähe der Erde äusserst gering ist, so ist sie in der nächsten Umgebung der Sonne sehr viel grösser, so dass sie wohl einen merklichen Effekt besitzen kann. Der Halbmesser der Erdbahn ist gleich 23440 Erdradien, oder, da der Durchmesser der Sonne denjenigen der Erde 108 mal übertrifft, gleich 215.7 Sonnenradien. Die Sonnenstrahlung an der Sonnenoberfläche fällt folglich $(215.7)^2 = 46518$ mal grösser als die oben berechnete aus, übt also einen Druck aus von $46518 \cdot 592 \cdot 10^{-10} = 2.75$ 10^{-3} g cm^{-2}.

1) **Maxwell**, l. c. Art. 793. In der That haben sich mehrere Physiker bemüht, diesen Effekt in der angegebenen Weise nachzuweisen. Der Versuch, wenn er auch qualitativ gelingt, wird aber nicht entscheidend, wenn nicht quantitative Messungen in verschiedenen Fällen die Übereinstimmung mit der Theorie erweisen. Durch die Bestrahlung wird nämlich immer die in dem „Vakuum" übriggebliebene Luft erwärmt, und dadurch entstehen Bewegungen derselben Art, wie bei dem Crookesschen Radiometer, dessen Wirkung aus der Erwärmung der Luft erklärt wird.

Sehr eigentümlich ist, dass Euler (l. c., 121) einen von Homberg ausgeführten Versuch mit einem Brennspiegel als Stütze seiner Ansicht anführt. „Nous voyons en effet que les rayons du soleil rassemblés par le miroir ardent écartent et dissipent avec une grande force les plus petits corpuscules, qui sont plácés au foyer." De Mairan erklärt diese Bewegung der Staubteilchen als eine Folge der durch die Erwärmung entstehenden Luftströmungen. Um noch sicherer zu sein, wiederholte De Mairan alle die erwähnten Versuche und variierte sie in mannigfaltigster Weise (l. c., 371). Zuletzt konstruierte er zusammen mit dem berühmten Physiker Du Fay ein Instrument, welches einem Radiometer äusserst ähnlich war. Sie bestrahlten den einen Radiometerflügel mit Sonnenlicht, das durch eine Linse von 7—8 Zoll Durchmesser gesammelt war. Sie erhielten nur unsichere Bewegungen, die alle aus der Bewegung der erwärmten Luft erklärt werden konnten. Zuletzt hatte De Mairan die interessante Idee seinen Apparat unter den Rezipienten einer Luftpumpe zu stellen. Er führte aber diese Idee nicht aus, weil es ihm schwer erschien, ein genügendes Vakuum zu erhalten, und weil er meinte, in der Luft sei ein „Fluidum" enthalten, welches die Glaswände des Rezipienten zu durchdringen vermöchte. Die Deutung der zu beobachtenden Bewegung könnte ihm deshalb nie eindeutig werden.

Nun ist das Gewicht einer gegebenen Masse z. B. eines cm^3 Wassers 27.47 mal grösser an der Sonnenoberfläche als an der Erdoberfläche. Infolgedessen wiegt ein cm^3 Wasser an der Sonnenoberfläche 10^4 mal mehr als dem durch die Sonnenstrahlung ausgeübten Drucke auf eine Oberfläche von 1 cm^2 entspricht. Hätten wir demnach einen kubischen Körper von 1 cm Kante und von dem spezifischen Gewicht 1, dessen Kanten horizontal und vertikal orientiert sind, so würde er zufolge der Sonnenstrahlung auf seiner unteren Fläche ein Zehntausendstel seines Gewichtes verlieren. Vorausgesetzt wird dabei, dass der betreffende Körper die Sonnenstrahlung nicht durchlässt, sonst muss man von dem eingestrahlten Teil den durchgelassenen subtrahieren. Ein in der entgegengesetzten Richtung der Strahlungsrichtung reflektierter Strahl zählt dagegen doppelt. Da nun die meisten festen oder flüssigen Körper auch in sehr dünner Schicht beinahe undurchlässig sind und teilweise die Sonnenstrahlung reflektieren, wollen wir der Einfachheit halber und da es nur auf die Grössenordnung ankommt, immer stillschweigend annehmen, dass die Wirkung so gross ist, wie wenn die ganze Strahlung vom getroffenen Körper absorbiert werden würde.

Verfertigen wir nun einen Kubus von dem genannten Stoff, dessen Seitenlänge 10^{-4} cm lang ist und dessen Kanten wie vorhin gesagt orientiert sind, so ist sein Gewicht 10^{-12} mal, sein Auftrieb zufolge der Sonnenstrahlung 10^{-8} mal so gross wie im vorhin erwähnten Fall. Es ist folglich der Auftrieb genau so gross wie sein Gewicht, oder sein scheinbares Gewicht ist Null.

Es ist leicht, aus diesen Angaben zu berechnen, wie gross der Durchmesser eines Tröpfchens vom spezifischen Gewicht 1 sein muss, damit die Schwerkraft von seiten der Sonne genau ebenso gross sei, wie die Sonnenabstossung zufolge der Strahlung. Man findet den Wert des Durchmessers gleich 1.5 μ. Für ein Tröpfchen von anderem spezifischen Gewicht ist die nötige Grösse des Durchmessers, damit es gerade schwebend bleibt, dem spezifischen Gewichte umgekehrt proportional. So z. B. wird der betr. Durchmesser für einen Körper vom spezifischen Gewicht 5 einen Wert von 0.3 μ erhalten.

Haben die Tröpfchen eine geringere Grösse, so tritt Abstossung ein. Wenn z. B. ihr Durchmesser gerade halb so gross ist, wie der kritische Wert, so ist die abstossende Kraft doppelt so gross wie die anziehende der Schwere; es verhalten sich demnach diese Tröpfchen genau, als ob sie mit einer Kraft, die ihrer Schwere gleich käme, von der Sonne weggestossen würden. Noch grösser wird die resultierende Kraft,

wenn die Dimensionen der Tröpfchen noch weiter abnehmen.

Eigentlich gelten diese Rechnungen nur für stillstehende Körper. Es ist leicht zu ersehen, dass die Einwirkung Null wäre, wenn die kleinen Körper sich von der Sonne mit der Geschwindigkeit des Lichtes oder einer noch grösseren Geschwindigkeit entfernen würden. Wenn die Geschwindigkeit der Partikelchen einen merklichen Bruchteil der Lichtgeschwindigkeit erreichen würde, so wäre dieser Bruchteil von dem Effekt abzuziehen. Da aber dieser Bruchteil ganz verschwindend klein zu sein scheint, habe ich die diesbezügliche Korrektion als irrelevant vernachlässigt. Andere Komplikationen bei der Berechnung treten ein, wenn die Dimensionen der Tröpfchen bedeutend unter diejenigen der Wellenlängen der Strahlung sinken. Die Grössenordnung der berechneten Abstossung dürfte jedoch bei nicht allzu kleinen Tröpfchen zutreffen.

Man kann nun aus den Bewegungen der Kometenschweife, besonders aus ihrer Krümmung, die abstossende Kraft der Sonne berechnen, die nach den Rechnungen von Bredichin die Schwere um 18.5, 3.2, 2.0 oder 1.5 mal übertrifft.[1]) Es wäre dazu nötig, Tröpfchen anzunehmen, deren Durchmesser so viele mal kleiner sind als der kritische Wert, wie die angeführten von Bredichin berechneten Zahlen angeben. Nun hat man allen Anlass anzunehmen, dass ein hauptsächlicher und zwar der flüchtige Teil der Kometen aus Kohlenwasserstoffen besteht. Das spezifische Gewicht dieser Körper ist etwas geringer als dasjenige des Wassers und dürfte nicht allzu weit von der Zahl 0.8 liegen. Es würden demnach zur Bildung der beobachteten Schweife Tröpfchen von den Durchmessern von etwa 0.1, 0.59, 0.94 bezw. 1.25 μ nötig sein.

Einige Kometenschweife sind sogar der Sonne zugewendet, aus ihrer Krümmung berechnete Bredichin, dass die Abstossung nur 0.3 ihres Gewichtes beträgt; es würde demnach der Durchmesser der Tröpfchen etwa 6 μ betragen.

Es kann nun die Frage aufgeworfen werden, ob wohl so kleine feste oder flüssige Körperchen beobachtet sind. Chinesische Tusche enthält so kleine Russkörner, dass sie nicht mit Hilfe des Mikroskopes entdeckt werden können. Es giebt sogar organisierte Wesen, die sich durch ihre geringen Dimensionen der Entdeckung entzogen haben, obgleich sie ihre Anwesenheit durch andere Erscheinungen verraten. In dieser Weise verhalten sich z. B. die Bacillen der Klauenseuche bei Rindern, der Bacillus einer Tabakskrankheit u. s. w., welche Krankheiten durch ihre Wirkungen die Anwesenheit von spezifischen Mikroorganismen bekunden, die sich aber wegen ihrer Winzigkeit (unter 0.3 μ) der Beobachtung mit dem Mikroskop entzogen haben. Wenn nun komplizierte Lebewesen von dieser Grösse vorkommen, so muss man wohl die Möglichkeit von noch viel kleineren anorganischen Körpern zugeben. Man hat Flüssigkeitshäute hergestellt, die eine Dicke besassen von nur 10—20 $\mu\mu$, ja in letzter Zeit von nur 5 $\mu\mu$ (= 0.005 μ). Man kann sich leicht vorstellen, dass Tröpfchen mit eben so geringem Durchmesser vorkommen können. Derselbe ist etwa 20 mal geringer als derjenige, welcher zur Erklärung der am wenigsten gekrümmten Kometenschweife angenommen wurde.

Wenn ein Komet sich der Sonne nähert, beobachtet man auf seiner zur Sonne gewendeten Seite eine Art Ausstossen von Materie, welche an Dampfentwickelung durch Sieden erinnert. Es ist ja leicht, sich die Ursache dieser Erscheinung vorzustellen. Die aus dem Kometen hinausgestossenen Dämpfe kondensieren sich danach in der Hitze zu kleinen Tröpfchen von höher siedenden Kohlenwasserstoffen (unter Abgabe von Wasserstoff) oder geben als höchstes Kondensationsprodukt Russ ab. Wie gross diese Tröpfchen oder Partikelchen ausfallen, wird von der Konzentration des ausströmenden Gases, von der Stärke der Sonnenstrahlung und vielleicht von der Menge kosmischen Staubes, welcher Kondensationskerne abgiebt, an der Stelle der Schweifbildung abhängen. Jedenfalls fällt es nicht schwer, sich verschiedene Umstände vorzustellen, die auf die Tropfengrösse Einfluss üben können. Und diese Umstände können an verschiedenen Stellen des Dampfstrahles verschieden sein, so dass die gebildeten Tröpfchen von verschiedenen Grössen sein können. Die grössten fallen wohl auf den Kometenkern zurück, oder, wenn sie erst in grösserer Entfernung davon kondensiert wurden, bilden sie Schweife, welche der Sonne zugekehrt sind. Die kleinsten Tröpfchen geben zu den von der Sonne abgewendeten Schweifen Anlass. Wenn nun zufolge gewisser Umstände einige Tropfengrössen die gewöhnlichsten sind, so können die wohlbekannten relativ scharf begrenzten Schweife von verschiedener Krümmung entstehen. Natürlicherweise können auch mehrere Schweife, die aber im grossen und ganzen von gleicher Natur sind, dadurch entstehen, dass der Kometenkern heterogen ist, so dass vorzugsweise an bestimmten Stellen die Verdampfungen vor sich gehen. So z. B. hatte der Komet von 1744 nicht weniger als fünf Schweife.

Mit dieser Anschauungsweise stimmt auch die Thatsache überein, dass die scheinbare Abstossung eines Schweifes nicht immer umgekehrt

1) Bredichin, Revision des valeurs numériques de la force répulsive. Lpz. Voss. 1885.

proportional der Quadratwurzel aus der Entfernung von der Sonne bleibt. Denn während der Bewegung des Kometen ändern sich die physikalischen Verhältnisse (hauptsächlich die Strahlung der Sonne), woraus folgt, dass die Tröpfchengrösse sich ändern kann. Wenn diese konstant bliebe, so würden die zwei wirkenden Kräfte, die Schwere und die der Sonnenstrahlung proportionale Abstossung und folglich auch ihre Differenz genau dem Gesetz des umgekehrten Quadrates der Entfernung folgen. Ändert sich aber die Grösse der Tröpfchen, so geht diese Regelmässigkeit verloren.

Man hat früher die genannten Abstossungen aus elektrischen Kräften zwischen Sonne und Kometenschweif, die beide gleich (negativ) geladen sein sollten, abgeleitet. Dabei sollten nach Bredichin die Schweife aus Gasen bestehen und zwar Wasserstoff, Kohlenwasserstoff (Methan), Natrium und Eisen. In jüngster Zeit hat man ein noch leichteres Gas als Wasserstoff in den am wenigsten gekrümmten Schweifen angenommen und zwar Coronium, das Gas der Coronalinie. Von physikalischer und chemischer Seite sind ausserordentlich viele Willkürlichkeiten mit diesen Annahmen verknüpft. Schon die grundlegende, und an und für sich ziemlich unbedenkliche Annahme, dass die Sonne eine elektrische Ladung besitzt, scheint manchem schwer verständlich, wenn diese Ladung so riesige Abstossungen verursachen soll, wie bei den Kometenschweifen wahrgenommen sind.[1])

Als eine weitere Stütze für die Ansicht, dass die Sonnenstrahlung die Schweifbildung verursacht, kann der Umstand angesehen werden, dass nach den Untersuchungen von Berberich u. A. die Kometen ihre grösste Lichtintensität in den Jahren zeigen, in welchen die Sonne die grösste Anzahl von Flecken aufweist. Die Sonnenflecken beruhen auf Cirkulationsbewegungen auf der Sonne, so dass in Sonnenfleckenjahren die Sonne etwas mehr Wärme ausstrahlt als sonst. So fand Savélieff die Wärmestrahlung in den Jahren 1890, 1891 und 1892 (Sommer) gleich 29.8, 34,2, und 36 cal. pro Stunde und cm^2, während die Sonnenfleckenzahlen wie 7, 47 und 86 sich verhielten.[2]) Besonders dürfte bei dieser fleckenbildenden Umrührung auf der Sonne die ultraviolette Strahlung zunehmen. Ausserdem nimmt, wie unten gezeigt werden soll, die Anzahl von Eruptionen aus der Sonne und damit von aus der Sonne herausfliegendem „kosmischen Staub“ zu. Diese beiden Umstände begünstigen Kondensationen, d. h. die Bildung von Schweifen (und Wolken) um den Kometenkern, wodurch der Komet eine grössere Helligkeit bekommt, wie in Jahren von relativ geringer Sonnenfleckenzahl. Dass die Bildung der Kometenschweife etwas mit der Sonnenstrahlung zu thun hat, wird auch in der bekannten Theorie von Tyndall angenommen. Die Schweife sollten nach derselben aus aktinischen Wolken bestehen, welche bei Bestrahlung von kohlenstoffhaltigen, aus den Kometen stammenden Gasen gebildet werden sollten.[1])

Natürlicherweise gilt die oben durchgeführte Betrachtungsweise nicht nur für die Kometenmaterie, sondern für allen Staub im Weltraum. Unzweifelhaft stammt der grösste Teil davon von der Sonne selbst. Bei den gewaltigen Eruptionen, welche die Protuberanzenbildung verursacht, wird ohne Zweifel eine Menge Materie mitgerissen, welche sich zu feinen Tröpfchen oder Staubteilchen in grösseren Entfernungen von der Sonne kondensiert. Diese Partikelchen werden durch die Sonnenstrahlen weiter hinausgetrieben und geben dann über den Eruptionsstellen zu den eigentümlichen faserigen Ausläufern der Corona Anlass, welche bisweilen mehrere mal die Länge des Sonnenhalbmessers übertreffen. Dementsprechend wurzeln diese Ausläufer gerade an den Punkten der Sonne, wo ihre eruptive Thätigkeit am grössten ist, d. h. im Sonnenfleckengebiet (eigentlich im Gebiet der Sonnenfackeln). Dass diese Ausströmungen so gut wie nicht gekrümmt erscheinen, ist aus dem Umstande leicht zu verstehen, dass ein Partikelchen, welches den halben kritischen Durchmesser besitzt, und welcher dem Einfluss der Sonnenstrahlung von der Sonnenoberfläche bis zu einer Entfernung gleich dem Halbmesser der Sonne ausgesetzt gewesen ist, eine Geschwindigkeit von etwa 430 km pr. Sekunde erreicht hat. In weniger als einer Stunde beschreibt solch ein Partikelchen eine Weglänge gleich dem Sonnendurchmesser. Wenn nun, wie in den Kometenschweifen, Partikelchen vorkommen, deren Durchmesser nur etwa ein Achtzehntel des kritischen Wertes erreicht, so werden dieselben eine Weglänge von der Länge des Sonnendurchmessers in weniger als vier Minuten zurücklegen. Eigentümlicherweise scheinen häufig genug die Coronastrahlen nicht radiell aus der Sonne hinauszugehen, wie z. B. auf der schönen Maunderschen Photographie der Sonnencorona von Jan. 1898. Auf diesem Bild scheinen die beiden östlichen Coronaausläufer von Punkten in der Nähe der Sonnenpole und nicht vom Sonnenzentrum auszugehen. Dies kann vielleicht teilweise als eine Wirkung der Perspektive gedeutet werden. Wenn nämlich von der Vorder- oder Hinterseite der Sonne ähnliche Coronastrahlen ausgehen, welche von der Erde in starker Verkürzung gesehen werden

1) Vgl. Newcomb, Populäre Astronomie, Leipz. 1881, 446.
2) Savélieff, Comptes rendus 1894, 118, 62.

1) Tyndall, Heat as a mode of motion, 4th ed.

und deshalb relativ lichtstark erscheinen, kann der totale Lichteffekt unter Umständen demjenigen eines nahezu tangential von den Sonnenpolen ausgehenden Strahles ähneln. Bei der Eruption selbst braucht auch die Kraft nicht radiell zur Sonne gerichtet zu sein, und man kann sich vorstellen, dass die stärkste nachher folgende Strahlung von der Eruptionsstelle mit ihrer höheren, dem Sonneninneren entsprechenden Hitze ausgeht, wodurch eine Abweichung der Coronastrahlen von der radialen Richtung erklärlich werden könnte. Eine nähere Entscheidung über diese Frage kann erst dann erwartet werden, wenn eine ziemlich grosse Zahl von Photographien der äusseren Corona vorliegt.

Der grösste Teil der in den Coronastrahlen befindlichen Partikelchen fällt wohl auf die Sonne zurück und beschreibt dabei teilweise stark gekrümmte Bahnen, wie bei der Sonnenfinsternis vom Jahr 1857 (Liais' Zeichnung) beobachtet wurde. Teils werden wohl in den niederen Teilen dieser Strahlen so grosse Partikelchen sich befinden, dass ihre Schwere nicht gänzlich aufgehoben ist, sondern dass dieselben nach einer Weile auf die Sonne zurückfallen. Teils aber werden einige kleinere Partikelchen die untereinander ungleiche Geschwindigkeiten besitzen, zusammenprallen und danach aneinander haften bleiben mit dem Effekt, dass die Schwerkraft die Abstossung überwindet.

In einer gewissen Zahl von Fällen werden aber die Partikelchen ihre Bahn in den Raum hinaus fortsetzen. Natürlicherweise wird ihre Konzentration immer mehr abnehmen, je weiter sie sich von der Sonne entfernen. Wenn keine Partikelchen auf die Sonne zurückfielen, würde die Konzentration angenähert dem Quadrate der Entfernung von der Sonne umgekehrt proportional sein. Denn in einer Entfernung von der Sonne, die zehnmal den Sonnenhalbmesser überschreitet (= ein Achtel der Merkurbahn) kann die Geschwindigkeit dieser Partikelchen, wie leicht zu berechnen (innerhalb 5 Proz.), als konstant angesehen werden. Wegen des Zusammenstossens und Zurückfallens einiger Partikelchen wird aber ihre Konzentration noch etwas schneller abnehmen. Die Menge von Partikelchen in der Volumeinheit in der Entfernung r von der Sonne ist folglich dem Bruche $\frac{1}{r^{2+\alpha}}$ proportional, worin α eine (kleine) positive Grösse bedeutet.

Es bewegen sich nun diese Partikelchen nach allen Seiten von der Sonne hinaus. Wenn durch Zusammenstoss von mehreren Partikelchen grössere solche in die Sonne zurückfallen, so geschieht auch diese rückgehende Bewegung längs einem Sonnenradius. Folglich muss ein Beobachter auf der Nachtseite der Erde, wenn er überhaupt den von diesen Partikelchen herrührenden Lichtschein von reflektiertem Sonnenlicht sieht, zufolge der Perspektivwirkung das Maximum derselben in einem Punkte, der gerade der Sonne gegenüber liegt, sehen. Diese Eigenschaft besitzt der Gegenschein, den man in südlicheren Breiten deutlich beobachtet. Bekanntlich hat man auch früher diesen Schein als von Meteorschwärmen herrührend erklärt, die von der Sonne weg oder zu der Sonne hin ziehen. Es ist aber schwer, sich vorzustellen, dass die Meteorschwärme so geradlinig zum Mittelpunkt der Sonne gerichtet seien, man sollte wohl eher vermuten, dass sie sich in Bahnen bewegten, die denjenigen der Kometen ähnlich wären. Diese Bahnen sind noch in der Nähe der Erdbahn so verschieden gerichtet, dass ein so scharfer Radiationspunkt, wie derjenige vom Gegenschein, nicht entstehen könnte.

Es liegt ja nahe zu versuchen, die Eigentümlichkeiten des Zodiakallichtes in derselben Weise zu erklären. Wir kommen auf diese Frage weiter unten zurück.

Nachdem die in Betracht gezogenen Partikelchen in Bezug auf Menge pro Volumeinheit schneller abnehmen als der reziproke Wert des Quadrats der Entfernung von der Sonne, so ist es leicht einzusehen, dass ihre lichtabsorbierende Wirkung so gut wie ausschliesslich auf die nächste Umgebung der Sonne konzentriert ist. Denkt man sich nämlich ein Lichtbündel von konstantem Querschnitt 1 cm^2 von der Sonne ausgehend, so wird die davon absorbierte Menge dL, in einem Volumstück von der Länge dr und dem Querschnitt 1 in der Entfernung r von der Lichtquelle 1, der darin befindlichen Staubmenge und der Lichtmenge selbst (L) an der betreffenden Stelle proportional sein.

Nennen wir den Proportionalitätsfaktor A, so gilt folglich die Gleichung:

$$\frac{dL}{L} = \frac{A}{r^{2+\alpha}}\,dr,$$

wo α eine kleine positive Zahl ist. Die Lichtmenge L_1 in der Entfernung r_1 gehorcht demnach folgender Gleichung:

$$\log_{\text{nat.}} \frac{L_1}{L_0} = \int_{r_0}^{r_1} \frac{A}{r^{2+\alpha}}\,dr = -\left(\frac{1}{r_0^{1+\alpha}} - \frac{1}{r_1^{1+\alpha}}\right)\frac{A}{1+\alpha}$$

worin L_0 die Lichtmenge an der Sonnenoberfläche ($r = r_0$) darstellt.

Bei hohen r-Werten nimmt also die totale Lichtmenge L_1 äusserst langsam mit zunehmendem r ab und zwar asymptotisch zu einem Grenzwerte:

$$L_\infty = L_0 e^{-\varrho}, \text{ wo } \varrho = \frac{A}{(1+\alpha)r_0^{1+\alpha}}$$

Die Sonne wird infolgedessen, wenn man von ihrer allernächsten Umgebung absieht, wie eine Lichtquelle aussehen, deren Lichtmenge nicht merklich durch Staub absorbiert wird.

(Fortsetzung folgt.)

Bemerkungen zu einer Arbeit von F. Kurlbaum über das Emissionsvermögen.

Von E. Villari.

Kurlbaum prüft in einer Arbeit, welche „Änderung der Emission und Absorption von Platinschwarz und Russ mit zunehmender Schichtdicke" betitelt, in den Wiedemannschen Annalen[1]) veröffentlicht und im Journal de Physique[2]) auszugsweise wieder gegeben ist, die thermische Emission einer mit Russ oder mit Platinschwarz bedeckten Oberfläche, welche auf 100° erhitzt ist, und gelangt dabei zu den folgenden Resultaten, zu welchen Crova und Compan[3]) schon früher für den Russ gekommen waren. „Das Emissionsvermögen des Russes wächst sehr schnell mit der Dicke der Schicht; es erreicht ein Maximum (etwa 33 mg Russ auf einen Quadratdezimeter), sinkt dann langsam infolge der mangelhaften thermischen Leitungsfähigkeit der Schicht, wodurch eine Temperatur-Differenz zwischen ihren einzelnen Lagen herbeigeführt wird."

Er fügt hinzu, man müsse zum Überzug für Instrumente, welche zum Messen thermischer Ausstrahlungen dienen sollen, ausreichend dicke schwarze Schichten verwenden, damit die betreffenden Instrumente den höchsten Grad von Empfindlichkeit erreichen.

Auch ich habe mich in einer langen Arbeit, welche in den Atti dell'Accademia di Bologna von 1878 veröffentlicht worden ist, unter anderm auch mit dem Einfluss beschäftigt, den die Dicke der Schichten auf das Emissionsvermögen vom Russ und vieler anderer auf 100° erhitzter Substanzen hat; von meinen Resultaten führe ich nur die folgenden an, die auf jene von Kurlbaum Bezug haben.

„Das Emissionsvermögen der Körper wächst mit der Dicke der ausstrahlenden Schicht bis zu einer gewissen Grenze und nimmt dann ab (S. 155), da die tieferen Schichten die Wärmeverluste nicht ausgleichen, welche durch die Ausstrahlung der oben liegenden herbeigeführt werden (S. 149). Für jede Substanz giebt es eine Schichtdicke, welcher das stärkste Emissionsvermögen entspricht; ich habe sie die Schicht der stärksten Emission genannt". Auf S. 155ff. fügte ich hinzu, dass die Dicke der stärksten Emission bei einer Substanz anders ist als bei einer andern; so bei gestossenem Steinsalz ungefähr 3,45 mm, bei chinesischer Tusche nur etwa 0,03 mm. Diese Dicke wechselt sogar für ein und dieselbe Substanz, je nachdem sie mehr oder weniger locker oder kompakt liegt; für das Lampenschwarz, das direkt durch eine rauchende Lampe aufgetragen wurde, fand ich die Schicht der stärksten Emission 0,2 mm dick; für das nämliche Schwarz, das aus Schwefelkohlenstoff, in dem es suspendiert war, niedergeschlagen wurde, war besagte Schicht 0,07 mm dick. Also sind die seitherigen Messungen des Emissionsvermögens verschiedener Substanzen, soweit sie nicht die Schicht der stärksten Emission berücksichtigen, gänzlich von den besonderen Umständen des Versuchs abhängig.

Die nämlichen Schlussfolgerungen betreffen das Absorptionsvermögen der Körper; die Instrumente, die zum Messen thermischer Ausstrahlungen bestimmt sind, müssen, um den höchsten Grad von Empfindlichkeit zu erreichen, mit einer Schicht von Russ von gewisser Dicke umkleidet sein; für das direkt von der rauchenden Lampe abgelagerte Schwarz muss dieselbe annähernd 0,2 mm, für den in Schwefelkohlenstoff suspendiert gewesenen Niederschlag etwas über die Hälfte davon betragen. Aus Vorstehendem geht deutlich hervor, dass sich die letzthin von Kurlbaum erlangten Resultate zusammen mit anderen bereits in meiner Arbeit vom Jahre 1878 befinden.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler).

(Eingegangen 23. October 1900.)

1) Wied. Ann. **67**, 846, 1899.
2) Journal de Physique, **8**, 1899.
3) C. R., **126**, 707, 1898.

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

J. S. Ames, Das mechanische Wärmeäquivalent.

Das Referat von J. S. Ames enthält eine kritische Zusammenstellung der seit dem Jahre 1878 durchgeführten Bestimmungen des mechanischen Wärmeäquivalents. Diese Zeitbeschränkung wird mit Recht durch den Hinweis auf die umfassende, 1870—1889 in der Proc. American

Academy erschienene Arbeit von Rowland begründet, welche die früheren Untersuchungen vollständig umfasst. In Übereinstimmung mit Warburg (nach dessen Referat über die Wärmeeinheit 1899, vergl. diese Zeitschrift I, 171) betont der Verfasser die Notwendigkeit, allen Resultaten diejenigen Temperaturen beizufügen, bei denen sie gewonnen sind. Bei einer hinreichenden Zahl von Beobachtungswerten bei verschiedenen Temperaturen bietet dann die Festsetzung einer Zahl für das Wärmeäquivalent oder, was auf dasselbe hinausläuft, der Wärmeeinheit keine Schwierigkeiten mehr. In dem vorliegenden Referate werden zunächst alle Resultate nicht auf die in der Technik gebräuchliche Arbeitseinheit, das Meterkilogramm, sondern auf das dem absoluten *C-G-S*-System zugehörige *Erg* zurückgeführt. Die einzelnen Untersuchungen, welche in drei Gruppen eingeteilt werden, besitzen nach dem Verfasser nicht den gleichen Grad von Zuverlässigkeit. Er hält die in der nachstehenden Tabelle, welche die Ergebnisse, auf 20° C. des Stickstoffthermometers reduziert, wiedergiebt, verzeichneten allein für solche, bei denen „a priori" kein Grund zu Irrtümern vorliegt. Von diesen sind die ersten beiden durch direkte Vernichtung mechanischer Arbeit, die letzteren drei durch Umwandlung elektrischer Energie in Wärme gewonnen.

Joule	$4,169 \cdot 10^7$ *Ergs*
Rowland	4,181 „
Griffiths	4,192 „
Schuster und Gannon	4,189 „
Callendar und Barnes	4,186 „

Dieselbe Zuverlässigkeit soll der im Temperaturintervall von 0 bis 100° C. aus Bremsversuchen ermittelte Wert von Reynolds und Moorby mit $4,183 \cdot 10^7$ *Ergs* besitzen, während u. a. das Ergebnis der Versuche von Dieterici (Wied. Ann. 1888 und 1889) mit dem Bunsenschen Eiskalorimeter ($4,225 \cdot 10^7$ *Ergs*), für weniger genau erklärt wird. Angesichts des Umstandes, dass es sich in beiden Fällen um Mittelwerte handelt, dürfte es besser sein, beide Ergebnisse beim Vergleiche wegzulassen, wie dies auch vom Verf. mit allen solchen Werten geschehen ist, denen keine genaueren Temperaturangaben zur Seite standen. Dagegen scheinen mir einige Versuche, bei denen der Verfasser erhebliche Fehlerquellen befürchtet, ohne dies immer genau zu begründen, wie z. B. bei denen von Miculescu ($4,186 \cdot 10^7$ *Ergs* bei 11,5° C.) in hohem Grade beachtenswert. Jedenfalls wird der Werth des Referates von Herrn Ames durch die ungleiche Behandlung der verschiedenen Publikationen einigermassen beeinträchtigt.

H. Lorenz.

(Eingegangen 9. Oktober 1900.)

H. A. Lorentz, Über die Theorie der neuentdeckten magnetooptischen Erscheinungen.

Dieses Referat bringt dem Leser dieser Zeitschrift nicht viel Neues; denn sowohl H. A. Lorentz selbst, wie W. Voigt haben ihre Anschauungen hier kürzlich dargelegt (s. Phys. Zeitschr. I, 39 bez. I, 116, 128, 138).

Das Pariser Referat von H. A. Lorentz geht mehr auf die theoretischen, als auf die experimentellen Untersuchungen ein. Es bespricht die Bemühungen, auf Grund spezieller Vorstellungen über die Vorgänge im Molekül, welche die Lichtemission begleiten, die beobachteten Veränderungen der Spektrallinien im Magnetfelde zu erklären.

Es geht dann auf die Untersuchungen von W. Voigt ein, welche die Absorption des Lichtes im Magnetfelde betreffen. Die Gleichungen von W. Voigt werden in die Sprache der elektromagnetischen Theorie übersetzt; in dieser Deutung gestatten sie, aus den beobachteten Absorptionen Schlüsse auf die Zahl, Ladung und Masse der schwingenden Ionen zu ziehen.

M. Abraham.

(Eingegangen 24. Oktober 1900.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

A. Sommerfeld, Die Beugung der Röntgenstrahlen unter der Annahme von Ätherstössen.

Der Vortrag entsprach dem Inhalte zweier in dieser Zeitschrift erschienenen Noten (vgl. 1, 105, und 2, 55, 1900.

Diskussion. (Von den Beteiligten durchgesehen.)

W. Wien (Würzburg): Ich möchte fragen, weshalb man nicht auch mit der Kirchhoffschen Theorie diese ganze Beugungstheorie sollte behandeln können; denn die Annäherung ist doch eine um so genauere, je kleiner die Wellenlänge ist.

Sommerfeld (Aachen): Ich hoffte nicht, auf dem Kirchhoffschen Wege zu einfachen, klaren und geometrisch verständlichen Auffassungen zu kommen. Wenn wir den Impuls als Ganzes

fassen und nicht in einzelne Sinusschwingungen zerlegen, werden alle Resultate übersichtlicher, wie ich bestätigen kann. Auch hielt mich die folgende Erwägung von dem Kirchhoff'schen Wege ab: Will man einen unperiodischen Vorgang wie den Impuls in harmonische Componenten auflösen, so braucht man strenge genommen ein Fourier'sches Integral. In diesem kommen neben den Partialschwingungen von kurzer auch solche von langer (ja unendlich langer) Wellenlänge vor. Für die letzteren wird aber die gewöhnliche Beugungstheorie merklich ungenau. Dass dieser Fehler im Ganzen unwesentlich ist, bedarf jedenfalls erst des Nachweises. Ein solcher ergiebt sich in der That aus meiner Behandlung für den Fall, dass die Impulsbreite λ hinreichend klein ist. Immerhin will ich zugeben, dass die letztgenannten Bedenken, die ich als Mathematiker hatte, vielleicht müssig sind.

Reinganum (Münster): Macht der kleine Wert von λ, den man findet, nicht vielleicht Schwierigkeiten in der Theorie, indem man die Wand des Spaltes als eine von geometrischen Linien begrenzte Ebene betrachtet? Wenn man bei λ auf molekulare Grössenordnung geführt wird, muss man doch wohl auch auf Unebenheiten der Wand Rücksicht nehmen.

Sommerfeld: Sicherlich ist der Einwand an sich berechtigt; der erwähnte Umstand wird die Erscheinung trüben, also die Erkennung verschlechtern. Aber das gerade Gegenteil wird er nicht bewirken, so dass der Qualität und der Grössenordnung nach die Erscheinung wohl doch so sein wird wie die Theorie vorhersagt.

Quincke (Heidelberg): Precht in Heidelberg hat die Beugung vor zwei Jahren untersucht, indem er die Röntgenstrahlen an einer Nadel hat vorbeigehen lassen; er findet Dunkelheit in der Mitte des geometrischen Schattens, und dann Helligkeit, die Nadeldicken der dunkelen Stellen verhalten sich wie 1 : 2 : 3. Die Sache ist deshalb schwierig zu untersuchen, weil bei dem Wechsel der Röhre λ sich ändert. (Die Prechtschen Versuche werden in ihren Grundzügen kurz angegeben.) Ob das Beugungsbild hinter einer undurchsichtigen Nadel genau die komplementäre Erscheinung ist, wie diejenige der Herren Haga und Wind bei einem sich nach unten verjüngenden Spalt, vermag ich so nicht zu übersehen. Möglicherweise ist es sehr nahezu der Fall. Das würde sich decken mit der Frage, die eben diskutiert ist, indem ja die Dicke der Schatten gebenden Körper kontinuierlich bei diesen Versuchen von Null an zunimmt. Nach meiner Auffassung entsprechen diese Versuche von Precht mit der Nadel dem, was man in der Optik lamellare Beugungserscheinungen genannt hat. Ein Teil der Wellen wird an der Nadel vorbeigehen, ein Teil durch die Nadel hindurchgehen. Wenn beide sich nicht gleich schnell fortpflanzen, so wird ein Minimum der Wirkung auf der photographischen Platte zustande kommen. Vielleicht sagen Sie, die Eisennadel bricht die Wellen oder Impulse nicht. Ich muss anerkennen, dass darüber ja nur der Versuch entscheiden kann, und dass diese Versuche hier sich auch erklären können unter der Voraussetzung, dass die Nadel nicht absolut dunkel ist, sondern auch einen Bruchteil der auffallenden Impulse durchlässt. Ich möchte ferner darauf aufmerksam machen, dass die Röntgenstrahlen jedenfalls zweierlei Dinge enthalten, einmal Dinge, die man Impulse bestimmter Breite nennen kann, und zweitens Dinge, die damit zusammenhängen, dass eine solche Strahlung aus ausgeschleuderten elektrischen Teilchen besteht und etwas ganz anderes ist, als eine Wellenbewegung. Ich habe gefunden, dass, wenn ein Schirm einen Schatten der Hand gab und dann ein Buch eingeschaltet wurde zwischen Strahlenquelle und Hand, dieser Schatten undeutlich wurde und nach ein paar Sekunden wieder deutlich wurde. Später hat Precht mit anderen Schirmen dies wiederholt und mit einem Schirme von Sidotscher Blende gefunden, dass die Wirkung nach verhältnismässig grossen Zeiten wieder auftrat. Das beweist unwiderleglich, dass bei diesen Dingen noch eine ganz andere Reihe von Erscheinungen in Frage kommt, als Fortpflanzung von Impulsen in elastischen Medien.

Wind (Groningen): Die Maxima und Minima, welche Precht bei seinen Beugungungsversuchen beobachtet hat, müssen m. E. der Hauptsache nach auf eine optische Täuschung zurückzuführen sein. Es besteht ein grosser Widerspruch zwischen seinen Resultaten und den unsrigen. Er hat aus seinen Versuchen Wellenlängen berechnet, welche sogar in das Gebiet des gewöhnlichen Lichtes hineinfallen, während wir schliesslich auf etwa 10 000 Mal kleinere Werte gekommen sind und nie Beugungsbilder erhalten haben, aus denen auf erheblich grössere Werte geschlossen werden konnte. Zwar haben auch wir lange mit hellen und dunkeln Streifen zu thun gehabt, welche wir als Interferenz- oder Beugungsstreifen angesehen haben; schliesslich haben sich dieselben aber als nichts als Produkte einer optischen Täuschung herausgestellt. Diese optische Täuschung ist an sich sehr interessant, und vielleicht kann ich sie, wenn es den Herren recht ist, später demonstrieren. (Die Demonstration erfolgte am 20. September.) Bei so dicken Nadeln, wie sie Herr Precht genommen hat, kann nach unsern Versuchen noch keine erhebliche Beugung stattfinden. Wir haben einen Spalt von 14 bis 2 Mikron Breite angewendet; auch erst bei Nadeln von der entsprechenden Dicke könnte man Beugungserscheinungen erwarten.

Quincke: Ich muss bestreiten, dass eine optische Täuschung im Spiel ist. An dem Rand einer solchen Nadel muss auch ebenso Beugung eintreten, wie am Rand eines Spaltes. Die Intensität der Minima bei den Prechtschen Photographien war viel deutlicher, wie die in der Publikation der Herren Haga und Wind. Nur dann ist es möglich, die Wellenlänge zu berechnen, wenn man die Nadel als vollkommen undurchsichtig annimmt. Sonst hat man ähnlichen Effekt auch bei breiteren Nadeln. Also die optische Täuschung muss ich bestreiten. Die Bilder bei den Prechtschen Versuchen waren so deutlich, als irgend welche. Wir alle wissen übrigens nicht, wie gross die Breite der Impulse oder die Wellenlänge bei den Versuchen der Herren gewesen ist. Man kann nur sagen, je älter die Röhren sind, umso kleiner ist die Wellenlänge (nach der Haga-Windschen) oder die Breite der Impulse (nach der Sommerfeldschen Bezeichnung.)

Wind: Es handelt sich bei der Nadel nicht um reine Beugung, sondern um eine Interferenzerscheinung, gestört durch Beugung, wenn man annimmt, dass Licht durch die Nadel hindurchgegangen ist. Das ist richtig, und ich kann verweisen auf eine Behandlung eines ähnlichen Phänomens von Julius in Utrecht, bei Quarzfäden. Das ist der Fall, den Herr Precht glaubte vor sich zu haben. Ich glaube aber immer, dass hier nicht die richtige Deutung seiner Versuche vorliegt. Ich kann Sie nur dringend einladen, mir Gelegenheit zu geben, Ihnen die betreffende Täuschung vorzuführen, welche anfangs bei unsern Versuchen und unzweifelbar auch bei denen von andern Forschern, wie Fomm und Moier, im Spiel gewesen ist und welche denn auch wirklich sehr verstrickend ist.

Quincke: Fomm hat auch einen Spalt benutzt, Precht allein hat die Nadel angewendet. Die Theorie der Beugung an einem schmalen durchsichtigen Schirm haben vor 25 Jahren ich und Jochmann gegeben. Vielleicht habe ich Unrecht, aber nachgewiesen ist es nicht.

(Eingegangen 29. September 1900.)

F. Klein, Über die Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, mit besonderer Rücksicht auf Band 4 derselben (Mechanik).

Nachdem die weit getriebene Teilung der Arbeit, der Spezialismus, in der Wissenschaft eine grosse Mission erfüllt hat, geht jetzt ein unverkennbarer Zug der Zeit dahin, wieder mehr zusammenzufassen und die allgemeinen Gesichtspunkte, welche sich als Resultat der Forschung ergeben haben, hervorzukehren. Diesem Zuge der Zeit unterliegen auch die Mathematiker. Die Mathematik entwickelt sich von Jahr zu Jahr weiter, was im grossem Publikum nicht sehr bekannt ist, und noch weniger bekannt ist die Thatsache, dass diese Entwicklung nach sehr verschiedenen Richtungen gegangen ist. Die Gefahr, dass die Fachverständigen sich untereinander völlig verlieren und voneinander isolieren, ist vielleicht bei keinem andern Wissensgebiet so gross wie bei der Mathematik. Diesem Zustande will die deutsche Mathematiker-Vereinigung entgegentreten, eben durch die Schaffung der Encyklopädie. Auch unsere Beziehungen zu den Nachbargebieten, Physik, Technik etc., leiden unter diesem Zustande, und wir wollen versuchen, darin Wandel zu schaffen. Hierüber brauche ich nun nicht bloss zu reden, sondern das Unternehmen ist bereits im Gange, und ich lege hier nicht den Prospekt eines Werkes vor, sondern eine ganze Reihe bereits erschienener Hefte desselben.

Die deutsche mathematische Vereinigung allein wäre zur Ausführung des Vorhabens zu schwach gewesen. Glücklicherweise hat sie einen kräftigen Rückhalt an anderen wissenschaftlichen Organisationen gefunden, nämlich an den Akademien der Wissenschaften. Sie haben Alle gelesen, dass sich dieselben vor kurzem zu einer internationalen Association der Akademien verbunden haben. Diese Association hat einen Vorläufer in dem sogenannten Kartell der Akademien von Leipzig, München, Wien und Göttingen, und innerhalb dieses Kartells haben die Gesellschaften von München, Wien und Göttingen das Unternehmen der mathematischen Encyklopädie zu dem ihrigen gemacht.

Die ersten drei Bände beziehen sich auf die reine Mathematik. Band I, Arithmetik und Algebra, und Band III, Geometrie, werden von Prof. Franz Meyer (Königsberg), Band II, Analysis, wird von Prof. H. Burkhardt (Zürich) redigiert. Band I und II erscheinen nebeneinander, und ich lege die bisher publizierten Hefte derselben hier vor. Es handelt sich durchweg um eine Arbeit von Fachleuten, die für Fachleute geschrieben ist. Nach Möglichkeit wird überall der historische Gesichtspunkt hervorgekehrt. Die Arbeiten tragen daher den Charakter der Gelehrsamkeit, aber doch auch den der Lesbarkeit und im übrigen den Charakter strengster Objektivität, denn die Encyklopädie soll nichts weniger als einer bestimmten mathematischen Schule dienen.

Das Unternehmen hat bislang einen un-

geahnten, von niemand vorausgesehenen Erfolg gehabt. Es ist, als ob das Bedürfnis nach einem solchen Werk latent existierte und jetzt, wo es befriedigt werden kann, zum Durchbruch kommt. Während im allgemeinen bei einem mathematischen Werke der Absatz von 300 Exemplaren schon ein Erfolg zu nennen ist, hat die Encyklopädie im ersten Anlauf über 1200 Abonnenten gefunden und der erste Druck hat sofort wiederholt werden müssen. Auch ist bereits eine französische Übersetzung in Vorbereitung und eine englische wird ebenfalls geplant. So darf man hoffen, dass ein Werk von durchaus internationaler Geltung zu stande kommt — entsprechend dem Zuge der Zeit, der die Kulturnationen auf allen Gebieten zu gemeinsamer Arbeit zusammenschliesst.

Der Inhalt der ersten drei Bände wird ja bei der heutigen Gelegenheit naturgemäss weniger interessieren; immerhin giebt ein flüchtiger Durchblick einen guten Einblick in den Charakter des ganzen Unternehmens. Auch kommen einige Artikel von Band I und II für den Naturforscher unmittelbar in Betracht; beispielsweise nenne ich aus Band I Ausgleichungsrechnung von dem Astronomen Prof. Bauschinger (Berlin), Wahrscheinlichkeitsrechnung von Prof. Czuber (Wien), numerisches Rechnen von Prof. Mehmke (Stuttgart), — dann aus Band II die von Prof. Burkhardt und Prof. Franz Meyer gemeinsam redigierte Darstellung der Potentialtheorie und einen Artikel über die partiellen Differentialgleichungen der Physik von Prof. Sommerfeld (Aachen).

Sehr viel direkter wird sich das Interesse des Naturforschers den folgenden drei Bänden zuwenden, welche die angewandte Mathematik enthalten, und zwar soll Band IV die Mechanik, Bd. V die theoretische Physik, Bd. VI die Geodäsie und die mathematischen Teile der Geophysik und Astronomie behandeln. Wir haben uns besondere Mühe gegeben, bei der Vorbereitung dieser Bände mit den eigentlichen Fachkreisen des Inlandes und Auslandes in Verbindung zu kommen, was nicht ganz einfach war, weil das Band zwischen den Vertretern der reinen Mathematik und denen der angewandten Disziplinen, welches naturgemäss bestehen sollte, vielfach zerrissen ist. Die leitende Auffassung dabei war, dass die Darstellung auch in den Bänden IV, V, VI selbstverständlich durchaus mathematisch sein muss, bez. überall die mathematischen Momente hervorheben soll, dass aber gleichzeitig die intimen Fachkenntnisse, wie sie nur der eigentliche Fachmann, der Physiker, Ingenieur, Astronom besitzt, zur vollen Geltung gebracht werden sollen. Diese Vorarbeit ist glücklich beendet, und daraufhin die Redaktion der Mechanik von mir selbst, diejenige der theoretischen Physik von Prof. Sommerfeld (Aachen), endlich Geodäsie und Geophysik von Prof. Wiechert (Göttingen) übernommen worden; wegen der Redaktion des astronomischen Teils schweben noch Unterhandlungen. Ich lege Ihnen hiermit die zur Zeit ausgearbeiteten Dispositionen der Bände IV und V vor, welche zugleich die Namen der für die einzelnen Artikel gewonnenen Mitarbeiter enthalten.[1]) Diese Namen dürften sehr geeignet sein, bei jedem Kenner der in Betracht kommenden Disziplinen die Überzeugung zu festigen, dass die wissenschaftliche Behandlung dieser Bände auf derselben Höhe stehen soll, wie die der ersten drei Bände.

Als Abschluss wird ein siebenter Band geplant, der neben einer Besprechung historischer, philosophischer und didaktischer Fragen ein Generalregister bringen wird; doch ist die Inangriffnahme dieses siebenten Bandes noch in weitem Felde.

Ich möchte nun noch einige nähere Bemerkungen über die Ihnen vorliegende Disposition des von mir selbst zu redigierenden Bandes IV, dessen Gegenstand, die Mechanik, ja in alle Naturwissenschaften tief eingreift, hier anschliessen.

Unter den Mitarbeitern finden Sie Namen aus den verschiedensten Ländern; es fehlt zufälligerweise Frankreich; dass dies nicht eine prinzipielle Nichtbeteiligung Frankreichs bedeutet, werden Sie erkennen, wenn Sie Band II vergleichen, wo eine Reihe von Hauptreferaten durch französische Mitarbeiter übernommen sind.

Was zunächst die Abgrenzung von Band IV gegen den folgenden, der die mathematische Physik enthält, betrifft, so gehört nach Band V jedenfalls die Thermodynamik mit allen ihren Auszweigungen, sowie die Elektrizität und Optik. Dagegen war es von vornherein zweifelhaft, ob man die Molekularmechanik nach Band IV oder V setzen sollte. Denken Sie z. B. an die kinetische Gastheorie, die Kapillarität, die Krystallstruktur, gewisse Teile der physikalischen Chemie. Wir haben uns entschlossen, dies alles nach Band V zu verweisen, dafür aber die elementaren Teile der Mechanik in Band IV so auszugestalten, dass die Anwendungen in Physik und Technik gleich mit ihre Stelle finden. Gewisse grundlegende Fragen allgemein interessierender Art sind naturgemäss dem Band V verblieben, so namentlich die Diskussion der Frage, wie weit die Prinzipien der theoretischen Mechanik die Grundlage für die gesamten Naturwissenschaften abgeben, oder ob sich vielmehr die Mechanik selbst nur als ein Teil in die Physik einordnet. Dahin gehört u. a. die Frage nach der allgemeinen Bedeutung

1) Diese Dispositionen finden sich am Schlusse des Artikels abgedruckt.

der Energetik. Dieselbe wird im Schlussartikel von Band V ihre Stelle finden; in Band IV findet die Energetik nur im Anfang Berücksichtigung und nur so weit, als sie für das beschränkte Gebiet der reinen Mechanik zur Geltung kommt.

In einer etwas anderen Weise haben wir die Abgrenzung gegen die Astronomie gesucht. Man ist im Publikum gewöhnt, die astronomischen Vorausberechnungen als absolut genau anzusehen. Auf Jahrzehnte hinaus stimmt auch alles sehr schön, aber auf Jahrhunderte und Jahrtausende hinaus wird vieles unsicher; denn weder sind die Konstanten so genau bekannt, als hierzu erforderlich wäre, noch erfreuen sich die Methoden hierfür der genügenden Genauigkeit. Die mathematische Kritik vermisst bei den astronomischen Rechnungen eine genaue Festlegung des Grades der Approximation, und ein Mathematiker kommt leicht in Versuchung zu sagen: Alles das ist höchst zweifelhaft, mathematisch schwebt Vieles durchaus in der Luft. Dabei würden die doch auch vorhandenen strengen Arbeiten über das Dreikörper-Problem und andere idealisierte Probleme gar zu sehr in den Vordergrund gerückt werden. Deshalb haben wir diesen Teil vorweg genommen und in Band IV gebracht, wo ihn Whittaker, ein junger englischer Astronom, behandelt. Wir werden dann bei Band VI in der Lage sein, uns unmittelbarer an die von den Astronomen bei ihren Rechnungen thatsächlich gebrauchten Methoden anzuschliessen.

Ehe Sie nun die Disposition des Bandes IV näher betrachten wollen, möchte ich vorab noch betonen, dass die theoretische Mechanik gleichsam zwei Wurzeln hat, durch die sie von aussen her genährt ist: die himmlische Mechanik und die irdische Mechanik.

Die himmlische Mechanik macht historisch den Anfang. Es liegt das daran, dass wir bei der Beobachtung der himmlischen Bewegungen in eine vornehme Entfernung gerückt sind, so dass wir die Störungen der Bewegungen, welche auch da nicht fehlen, nicht so deutlich erkennen, und die Grundlage daher klarer zur Erscheinung kommt. Die Grundgesetze der himmlischen Mechanik liegen denn auch seit zwei Jahrhunderten fest, und es handelt sich seitdem nur mehr um Ausgestaltung der aus diesen Gesetzen fliessenden mathematischen Folgerungen. In dieser Beziehung mag es beiläufig interessieren, dass das Dreikörper-Problem einer neuen Entwicklung entgegengeht. Die Sache liegt da etwa so: Im 18. Jahrhundert entstanden die für lange Zeit grundlegenden mathematischen Ideen; im 19. wurde die rechnerische Durchführung gefördert, und jetzt, am Ende des 19. Jahrhunderts, kommen erfreulicherweise wieder neue Ideen.

Die himmlische Mechanik ist dem Gesagten zufolge eine wesentlich deduktive Wissenschaft. Man hat dann ihre Grundsätze auf die irdischen Verhältnisse übertragen und so dasjenige getroffen, was die Franzosen „mécanique rationelle" nennen. Indessen besteht zwischen dem idealen Bilde dieser mécanique rationelle und unserer wirklichen Kenntnis der sich auf der Erde abspielenden Bewegungen noch eine grosse Kluft und das gerade möchte ich bei der heutigen Gelegenheit hervorheben. Es verhält sich gar nicht so, dass man die Kräfte und Bewegungserscheinungen so genau kennt, als es in den Lehrbüchern meistens dargestellt wird. Ich erwähne z. B. das Problem der Reibung, betreffs dessen man durchweg die sogenannten Coulombschen Gesetze mitgeteilt findet. Fragt man einen Techniker, ob diese Gesetze richtig sind, so wird er sicherlich antworten: Nein, sie sind falsch. Es giebt Fälle, bei denen sie nahezu passen, z. B. wenn trockene Glasstücke bei mässigen Geschwindigkeiten aufeinander reiben; aber bei Maschinen, bei denen Schmiermittel in Betracht kommen, dann bei grösseren Geschwindigkeiten, wie bei der Bewegung der Eisenbahnzüge, passen sie eben nicht mehr. Da sind wir vorläufig immer aufs neue auf das Experiment angewiesen, und die Mathematik muss sich darauf beschränken, die experimentellen Daten zu interpolieren; sie stellt das in konziser Sprache dar, was man weiss, aber sie deduziert nicht. Ein anderes Beispiel: Wenn es sich um das Fliessen von Flüssigkeiten in Röhren handelt, so findet die Bewegung der Flüssigkeit nur für kleine Geschwindigkeiten in parallelen Fäden statt, wie es die gewöhnliche Theorie voraussetzt, dann kommt eine kritische Geschwindigkeit, und jenseits derselben löst sich die Strömung in einen tumultuarischen Vorgang auf, der auch nicht annähernd eine Strömung in parallelen Fäden ist. Natürlich bleibt die Hoffnung bestehen, dass die rationelle Mechanik auch diese Erscheinungen erfassen wird, aber die Aufgabe ist bis jetzt noch nicht gelöst.

Soviel über Fälle, bei denen wir die Grundgesetze der Erscheinungen noch nicht kennen. Es giebt andere Fälle, bei denen die direkte mathematische Behandlung zu schwierig wird. Nehmen wir z. B. den Bau einer Brücke, so sind die Fragen nach ihrer Durchbiegung, ihrer Tragfähigkeit etc. Fragen der Elastizität, und man sollte meinen, dass man hierauf aus der Elastizitätstheorie deduktiv würde antworten können. Das ist aber einstweilen noch nicht der Fall. Der Ansatz, mit dem man arbeitet, wird vielmehr getragen von einer gewissermaassen instinktiven Auffassung über die Kräfte; man macht den Ansatz zunächst so, als ob keine Nieten vorhanden wären, d. h. als ob alle Träger sich um ihre Enden drehen

könnten, und dann fügt man weitere Hypothesen über die Wirkung der Nieten hinzu. Die Resultate einer solchen gemischt deduktiven und intuitiven Mechanik sollten natürlich immer durch das Experiment kontrolliert werden.

Um zusammenzufassen: die irdische Mechanik ist einerseits deduktive Wissenschaft, und das spricht den Mathematiker am meisten an, andererseits ist sie aber auf die experimentellen Daten und die Unterstützung der Physiker, Techniker etc. nach wie vor in hohem Maasse angewiesen. Hoffen wir, dass sie darum doch eine einheitliche Disziplin bleibt. In der Geometrie hat sich schon bei den alten Griechen eine Spaltung heraus gebildet. Geometrie heisst an sich Erdmessung; die Leute, welche die Erde messen, nennt man aber z. Z. Geodäten, und die „Geometer" haben durchweg mit der Erdmessung gar nichts zu thun. Wird es auch bei der Mechanik zu einer analogen Spaltung kommen? Jedenfalls möchte die Encyklopädie das ihrige thun, um eine solche Spaltung hintanzuhalten.

Hier will ich ein paar Worte einflechten über den grossen Katalog der Naturwissenschaften, der von der Royal Society geplant ist, und der, wie Sie wissen, auf internationaler Grundlage durchgeführt werden soll. Der Katalog wird alljährlich die gesamte naturwissenschaftliche Litteratur nachweisen, was namentlich von Wichtigkeit ist in Bezug auf die seltene oder schwer zugängliche Litteratur. Denken Sie insbesondere an die kräftig keimende und sprossende ausländische Litteratur. In Österreich erscheinen naturwissenschaftliche Werke in nicht weniger als sechs uns durchgängig unverständlichen Sprachen. Die Zahl der hierunter enthaltenen mathematischen Abhandlungen ist vielleicht noch nicht gross, aber in den beschreibenden Naturwissenschaften ist es schon anders; ohne Zweifel handelt es sich dabei nur um den Anfang einer Entwicklung, die in immer steigendem Maasse überall fortschreitet: in Russland, ausserhalb Europas in Australien, Japan etc. Alle diese Litteratur würde ohne den Katalog verloren sein. Doch dieses nur beiläufig (weil das Interesse der Unternehmung noch immer an manchen Stellen nicht ganz gewürdigt wird).

Da entstand nun die Frage, wie diese ganze Litteratur geordnet werden solle, und einen wesentlichen Punkt des Streites bildete eben die Mechanik. In England und Holland wird sie kurzweg als ein Teil der Physik angesehen, und daher wurde sie bei den ursprünglichen Entwürfen der Royal Society unter Physik rubriziert, wobei die vielen rein mathematischen Abhandlungen zur Mechanik naturgemäss zurücktreten mussten, indem sie in die Unterabteilungen geschoben wurden. Auf dem Kontinent (mit Ausnahme Hollands) ist dagegen viel eher die Ansicht herrschend, dass die Mechanik als mécanique rationelle ein Teil der Mathematik is denken Sie etwa an die grossen Meister Laplace und Lagrange! Auch haben niemals die Versuche gefehlt, die Grundsätze der Mechanik nach dem Muster der geometrischen Axiome als a priori gegeben festzustellen. Um dieser Auffassung Gewicht zu geben, haben wir bei den Gegenentwürfen versucht, die Mechanik in die Mathematik zu schieben. Wir haben auf diese Weise einen Kompromiss erzielt, bei welchem der Mechanik ein besonderer Band gewidmet ist, und das gerade wollten wir erreichen. Auch bei der mathematischen Physik sind wir zu einer Einigung gekommen, welche Mathematiker und Physiker befriedigen dürfte.

Wenn ich nun noch einige wenige Worte über die spezielle Einteilung der Mechanik in Band IV der Encyklopädie sagen darf, so finden Sie in der Disposition (die Sie nunmehr vergleichen wollen) vier Hauptabteilungen unterschieden, die mit den grossen lateinischen Buchstaben A, B, C, D bezeichnet sind. Und zwar bezieht sich A, wie billig, auf die Prinzipien der Mechanik, B auf die Mechanik der Punkte und der starren Systeme, C auf die Mechanik der Continua. Die Abteilung D (die übrigens als ein Anhang gedacht ist), hat einen Charakter für sich; ich komme sogleich noch darauf zurück.

Nehmen Sie nun gleich die weitere Einteilung von B und C. Wir haben bei B zunächst einen mehr geometrischen Teil (I), bei dem es sich darum handelt, die Massenverteilung der Körper, die Kinematik, die Zusammensetzung und Wirkung der Kräfte mit den Mitteln der geometrischen Anschauung (sowie gelegentlich auch mit direkter graphischer Konstruktion) zu erfassen. Daran schliesst sich in II die eigentliche analytische Mechanik im Sinne von Lagrange, eine Disziplin, deren ausserordentliche Allgemeinheit und Tragweite nur derjenige recht würdigt, der sich vorab in die Einzelheiten von I vertieft hat. Endlich kommen in III die bereits genannten Anwendungen, bei denen als neues Moment hinzutritt, dass man die Wirklichkeit immer nur approximieren kann, dass die Berücksichtigung der Störungen und Fehler zur Hauptsache wird. So wird beispielsweise Nr. 10 die Theorie des Pendels enthalten, wobei u. a. die Frage auftritt (um nur diesen einen Punkt besonders zu nennen), mit welcher Zuverlässigkeit man aus den Versuchen mit dem Foucaultschen Pendel auf die Art und Grösse der Erdrotation schliessen kann. Wenn man nämlich geschickt operiert, so kann man in einer grossen Versammlung mit Hilfe des Pendels sehr leicht

zeigen, dass die Erde sich von Osten nach Westen dreht, also umgekehrt, wie es der Fall ist. Kamerlingh-Onnes hat zuerst untersucht, ob die Versuche unter Berücksichtigung aller Fehlerquellen ein so zweifelloses Resultat geben, dass eine Entscheidung möglich ist; er hat diese Frage bejaht. — Das grosse Gebiet Nr. 11 hat eben jetzt ein besonderes aktuelles Interesse; ich darf hier auf die interessante Vorarbeit verweisen, welche der Referent, Herr Heun, hierüber eben nun in den Berichten der deutschen mathematischen Vereinigung publiziert hat.[1] Nr. 12 enthält die Ballistik, wo die Sache ähnlich liegt wie beim Pendel; die theoretische Parabel ist zwanzigmal weiter ausgedehnt, als die wirklich von einem Geschoss beschriebene Kurve. Dann haben wir in Nr. 13 ein Kapitel für Spiel und Sport, das die Interessen sehr ausgedehnter Teile des Publikums berühren dürfte. Die Frage z. B., wie ein Billardball sich bewegt, ist mathematisch gut durchgearbeitet, beim Veloziped steht die Sache etwas weniger günstig. Endlich reichen wir mit der physiologischen Mechanik (Nr. 13'), d. h. der Lehre von der Bewegung der Organismen, insbesondere des Menschen, der medizinischen Gruppe der gegenwärtigen Versammlung die Hand. Dieselbe wird von Prof. Otto Fischer (Leipzig) behandelt werden. Das System von Muskeln, Gelenken und Knochen ist ein System mit einer endlichen Anzahl von Freiheiten. Auf dieses werden die Grundsätze der Mechanik angewendet, und zwar zunächst zur Erledigung der einfachsten Fragen, wie der Mensch geht, in welcher Weise der Schwerpunkt dabei verlegt wird, etc. (Was sich auf die osmotischen Vorgänge in den Geweben des menschlichen Organismus bezieht, wird nach Band V kommen.)

Über C könnte ich in demselben Sinne referieren; aber ich darf Ihre Aufmerksamkeit nicht ermüden und bemerke also nur, dass die oberste Einteilung hier eine mehr sachliche (weniger methodische) ist, indem als Hauptgebiete Hydrodynamik und Elastizitätstheorie einander gegenüber gestellt werden. —

Über D gestatten Sie mir noch einige wenige Worte, und zwar deshalb, weil die hierher gehörigen Fragen in den Lehrbüchern der Mechanik gewöhnlich gar nicht berührt werden. Das Heranziehen des Wahrscheinlichkeitsbegriffes (oder das Operieren mit Mittelwerten) ist kein willkürlicher Ansatz der Theoretiker, sondern wird von jedermann bei der Beurteilung praktischer Verhältnisse unbewusst geübt. Wenn man ein System hat, das aus einer Anzahl diskreter Teile besteht, so kommt man von selbst zum Rechnen mit Durchschnittswerten. So ist es z. B. in der kinetischen Gastheorie geschehen. Sie steht keineswegs allein; es giebt vielmehr eine grosse Menge von Prozessen, die man täglich bei der Produktion anwendet, bei denen man von Wahrscheinlichkeitsüberlegungen Gebrauch macht. In einer Nadelfabrik z. B. sollen die Nadeln, welche kraus durcheinander liegen, parallel geschichtet werden. Man rüttelt zu diesem Zwecke eine Zeitlang den Kasten hin und her und findet, dass schliesslich alle Nadeln parallel liegen bis auf einige wenige Individuen, die der Arbeiter dann heraus nimmt. Die Anwendung der Wahrscheinlichkeitssätze ist hier also konklusiv für die Mehrzahl der Fälle, und einige Ausnahmen müssen dann künstlich entfernt werden. Nun nehmen Sie aber die theoretische Behandlung solcher mechanischer Probleme! Man beginnt mit den Differentialgleichungen der Mechanik, die doch für sich allein den Gesamtverlauf der Erscheinungen bestimmen müssen, und arbeitet dann plötzlich mit Durchschnittswerten. Man geht eine Zeitlang deduktiv vor, und dann kommt ein neuer Grundsatz von aussen herein; das ist für einen Mathematiker etwas sehr Widerhaariges. Das Resultat ist ja befriedigend, weil es mit der Wirklichkeit leidlich stimmt; ob das Verfahren aber mathematisch befriedigt, ist eine andere Frage. Zum Glück liegt das Referat in den Händen des bewährtesten Forschers auf diesem Gebiet, des Prof. Boltzmann. Seine Auffassung ist, soweit ich ihn verstehe, eine etwas andere. Ihm erscheint der Wahrscheinlichkeitsansatz als das Primäre; die Naturgesetze sind für ihn nur Durchschnittsregeln, die sich von dort aus ergeben; die Differentialgleichungen der Mechanik sind ihm also selbst nur Formulirungen von Ereignissen, die mit überwiegender Wahrscheinlichkeit eintreten. Die Anwendung anderer Durchschnittswerte bringt also weiter nichts Fremdartiges mit sich. Hiermit ist für die Fragestellungen, die unter D fallen, und deren Einzelheiten übrigens nach Bd. V (Physik) und VI (Astronomie) gewiesen sind, die Einheit der philosophischen Grundauffassung gerettet; die logischstrenge Durchführung bleibt aber vorläufig noch ein Desideratum. —

Ich schliesse hiermit meinen Bericht, der sich entsprechend den gegebenen äusseren Bedingungen im engsten Rahmen bewegen musste. Handelt es sich bei der Encyklopädie um ein ausschliesslich mathematisches Unternehmen, so soll dabei, wie ich zu zeigen suchte, die mathematische Wissenschaft im weitesten Sinne

1) Band IX, 2 der genannten Berichte, Leipzig, 1900: „die kinetischen Probleme der wissenschaftlichen Technik.“ — Ich selbst habe mich über die selbständige Bedeutung der technischen Mechanik neuerdings in einem der Vorträge über angewandte Mathematik und Physik verbreitet, welche Riecke und ich im Anschluss an den letzten Göttinger Ferienkurs für Oberlehrer gesammelt publiziert haben (Leipzig 1900). Vgl. diese Zeitschrift 2, 13, 1900.

verstanden sein, der die Beziehungen zu den Nachbargebieten einschliesst. Und hieraus wage ich zu hoffen, dass auch die allgemeinen naturforschenden Kreise der Encyklopädie Interesse entgegenbringen und ihr, wo es nötig ist, Unterstützung zukommen lassen werden.

[Im Anschluss an den vorstehend in seinen Grundgedanken wiedergegebenen Vortrag fand am folgenden Tage (20. Septr.) in der mathematischen Sektion der Naturforscher-Versammlung eine eingehende Debatte über die Disposition der Bände IV und V der Encyklopädie statt, die nach vielen Seiten anregend verlief und jedenfalls die Herausgeber der genannten Bände, Prof. Sommerfeld und mich, zu besonderem Danke verpflichtete.]

Disposition der Bände IV und V.

Band IV: Mechanik.

A. Einleitung.

1. Die Prinzipien der rationellen Mechanik. A. Vofs in Würzburg.

B. Mechanik der Punkte und starren Systeme.

I. Geometrische Grundlegung und Entwicklung konkreter Vorstellungsweisen.

2. Theorie der Streckensysteme und Schrauben. E. Timerding in Strassburg i. E.
3. Geometrie der Massen. G. Jung in Mailand.
4. Kinematik. A. Schönflies in Königsberg.
5. Die elementare Statik, insbesondere graphische Statik. L. Henneberg in Darmstadt.
6. Die elementare Kinetik. J. Petersen in Kopenhagen.

II. Behandlung beliebiger Systeme von endlichem Freiheitsgrad in analytischer Allgemeinheit.

7. Allgemeine Entwicklungen. P. Stäckel in Kiel.
8. Rotationsprobleme. P. Stäckel in Kiel.
9. Die mathematische Behandlung des n-Körper-Problems. E. T. Whittaker in Cambridge.

III. Anwendungen, mit Berücksichtigung der störenden Einflüsse.

10. Die Mechanik der einfachsten physikalischen Apparate und Versuchsanordnungen. Ph. Furtwängler in Potsdam.
11. Dynamische Probleme der Maschinentechnik. K. Heun in Berlin.
12. Ballistik. C. Cranz in Stuttgart.
13. Spiel und Sport. G. T. Walker in Cambridge.
13'. Physiologische Mechanik. O. Fischer in Leipzig.

C. Mechanik der deformierbaren Körper.

I. Analytisch-geometrische Hilfsmittel.

14. Vektoranalysis und Verwandtes. M. Abraham in Göttingen.

II. Hydrodynamik.

15. Physikalische Grundlegung. A. E. H. Love in Oxford.
16. Theoretische Ausführungen. A. E. H. Love in Oxford.
17. Hydraulik, erster Teil: Das Strömen von Wasser in Röhren und Kanälen etc. E. Paladini in Mailand.
18. Hydraulik, zweiter Teil: Motoren und Pumpen. M. Grübler in Dresden.
19. Schiffsbewegung. A. Kriloff in Petersburg.
20. Aërodynamik. S. Finsterwalder in München.

III. Elastizitätslehre.

21. Physikalische Grundlegung. A. Sommerfeld in Aachen.
22. Theoretische Behandlung der statischen Probleme. O. Tedone in Genua.
23. Die Statik der Baukonstruktionen. E. Ovazza in Palermo.
24. Schwingungen, insbesondere Akustik. H. Lamb in Manchester.
25. Theorie der auf elastischer Wirkung beruhenden Messapparate. Ph. Furtwängler in Potsdam.

D. Mechanik der aus sehr zahlreichen diskreten Teilen bestehenden Systeme.

26. Das Eingreifen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. L. Boltzmann in Leipzig.

Band V: Physik.

A. Einleitung.

1. Maass und Messen. C. Runge in Hannover.
2. Allgemeine Eigenschaften der Körper, insbesondere die Schwere. J. Zenneck in Strassburg i. E.

B. Thermodynamik.

3. Allgemeine Grundlegung der Thermodynamik. G. H. Bryan in Upper-Bangor, Wales.
4. Spezielle Stoffe und Zustände. H. Kamerlingh-Onnes in Leiden und J. Korteweg in Amsterdam.
5. Dissipation der Energie, insbesondere Wärmeleitung. E. W. Hobson in Cambridge.
6. Technische Wärmetheorie. H. Lorenz und E. Riecke in Göttingen.

C. Molekularphysik.

7. Grundvorstellungen über Atom und Molekül.

a. Einleitende Bemerkungen zur Atomistik. L. Boltzmann in Leipzig.
b. Die mathematischen Grundlagen der Chemie. W. Meyerhoffer in Berlin.

8. Krystallographie.
a. Symmetrie- und Struktur-Theorien. A. Schönflies und O. Mügge in Königsberg i. Pr.
b. Krystall-Berechnung und -Zeichnung. Th. Liebisch in Göttingen.

9. Kinetische Gastheorie. L. Boltzmann in Leipzig.
10. Kapillarität und Kohäsion. H. Minkowski in Zürich.
11. Physikalische und Elektrochemie. J. H. Van't Hoff in Berlin.

D. Elektrizität und Optik.

Physikalische Grundlegung der Elektrizitätslehre.

12. Standpunkt der Fernwirkung, die Elementargesetze. R. Reiff in Stuttgart.
13. Standpunkt der Feldwirkung, Maxwells Theorie und Verwandtes. H. A. Lorentz in Leiden.
14. Weiterbildung der Maxwellschen Theorie. Elektronentheorie. H. A. Lorentz in Leiden.

Mathematisehe Spezialausführungen zur Elektrizitätslehre.

15. Elektrostatik und Magnetostatik. H. M. Macdonald in Cambridge.
16. Beziehungen zwischen Elektrizität und elastischer Deformation. F. Pockels in Heidelberg.
17. Stationäre und langsam veränderliche Felder (elektrische Ströme, Induktion und Elektrodynamik im engeren Sinne). A. Tauber in Wien.
18. Beziehungen der elektrischen Strömung zu Wärme und Magnetismus. H. Diesselhorst in Berlin.
19. Rasch veränderliche Felder. M. Abraham in Göttingen.
20. Elektrotechnik. Th. Descoudres in Göttingen.

Physikalische Grundlegung der Optik.

21. Ältere Theorie. A. Wangerin in Halle a. S.
22. Elektromagnetische Lichttheorie. W. Wien in Würzburg.
23. Hineinspielen der Molekularphysik und der Elektronentheorie in die Optik. W. Wien in Würzburg.

Mathematische Spezialausführungen zur Optik.

24. Strahlenoptik und optische Instrumente. S. Finsterwalder in München.
25. Wellenoptik (Interferenz und Beugung). K. Strehl in Erlangen.
26. Krystalloptik. F. Pockels in Heidelberg.

E. Schlusswort.

27. Allgemeine physikalische Anschauungen und Methoden. A. Sommerfeld in Aachen und J. Larmor in Cambridge.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 16. Oktober 1900.)

BESPRECHUNGEN.

J. J. van Laar, J. D. van der Waals. Ein Lebensabriss. Leipzig, J. A. Barth. 1900. Preis Mk. 1.60.

Die Gelegenheit, sich von dem Leben des grossen holländischen Physikers ein Bild zu verschaffen, wird jeder freudig begrüssen, und so bedarf das Büchlein keiner Empfehlung. Es ist allerdings eine eigenartige Biographie: wenn man in ihr etwas über das Privatleben des Biographierten erwartet, so wird man sich ziemlich enttäuscht finden; aber man darf auch den Standpunkt des Verf. nicht verwerfen, den Meister in seinen Werken zu schildern. Für den Physiker bringt diese Schilderung naturgemäss nichts Neues; ob sie dem physikalischen Laien, der als Leser gedacht wird, einen Begriff zu geben vermag, was van der Waals geleistet, das mag unerörtert bleiben. Jedenfalls spricht aus der Darstellung ein begeisterter Schüler van der Waals und ein gründlicher Kenner seiner Arbeiten. Die höchst originelle Darstellungsweise und die Wertschätzung der hervorragenden Geister, mit denen van der Waals verglichen wird, ist äusserst amüsant zu lesen; leider wird der Text durch vielerlei kleine Sprach- und Druckfehler, manchmal sogar bis ins Komische, entstellt, was sich wohl leicht zum Vorteil des Buches hätte vermeiden lassen.

R. A.

Personalien.

Dr. Joseph Tuma, Dozent der Physik an der Universität und Technischen Hochschule in Wien, ist zum Adjunkten an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn ernannt worden.

In der philosophischen Fakultät der Universität Bonn hat sich Dr. Rülf mit einer Antrittsvorlesung über das Verhältnis der Philosophie zu den exakten Wissenschaften habilitiert.

Dr. Reitter (Heidelberg) hat einen Ruf für technische Chemie an die neubegründete Handelsakademie zu Köln erhalten.

Herr Abegg ersucht uns, in Berichtigung der S. 48 gebrachten Mitteilung, zu veröffentlichen, dass er nicht an die Universität Christiania „berufen“ wurde, sondern von der dortigen Fakultät „gewählt wurde, um der norwegischen Regierung zur Ernennung vorgeschlagen zu werden.“

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.